

Beschreibung

Strahlungsdetektierendes optoelektronisches Bauelement

- 5 Die Erfindung betrifft ein optoelektronisches Bauelement nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Bauelements sowie eine Verwendung einer Zonenplatte in einem derartigen Bauelement.
- 10 Die Empfindlichkeit strahlungsdetektierender Halbleiterbauelemente kann dadurch verbessert werden, dass die zu detektierende Strahlung in die lichtempfindlichen Bereiche fokussiert wird. Beispielsweise sind aus der US 6,221,687 und der US 6,362,498 Bildsensoren bekannt, die integrierte Arrays aus
- 15 Mikrolinsen enthalten, die zur Fokussierung der empfangenen Strahlung auf eine Photodiode dienen. Bei den in diesen Dokumenten beschriebenen Bildsensoren werden zur Realisierung einer Empfindlichkeit für verschiedene Wellenlängen bzw. Farben Farbfilter verwendet. Ein ähnliches Bauelement ist auch aus
- 20 der US 2002/0197763 A1 bekannt.

- Andere Ausführungen farbempfindlicher strahlungsdetektierender Halbleiterbauelemente sind aus der US 5,965,875 und der US 2003/0038296 A1 bekannt. Bei diesen Bauelementen enthält
- 25 der Halbleiterkörper mehrere strahlungsempfindliche p-n-Übergänge, die vertikal übereinander angeordnet sind. Die Farbempfindlichkeit beruht dabei darauf, dass kurzwellige Photonen aufgrund der stärkeren Absorption im Halbleiter bevorzugt in den oberen Bereichen des Halbleiterkörpers absorbiert werden und Photonen mit größerer Wellenlänge bevorzugt
- 30 in den tieferliegenden Bereichen des Halbleiterkörpers absorbiert werden.

- Bei den zuvor beschriebenen strahlungsdetektierenden Bauelementen erfolgt die Fokussierung der Strahlung mit refraktiven
- 35 optischen Elementen, die wesentlich größer als die Wellenlänge der Strahlung sind.

Zur Fokussierung und/oder Umlenkung von Licht sind auf dem Prinzip der Lichtbeugung beruhende diffraktive Elemente bekannt, die Strukturen in der Größenordnung der Lichtwellenlänge aufweisen. Ein fokussierendes diffraktives Element ist zum Beispiel eine Zonenplatte. Zonenplatten werden insbesondere im Bereich der Röntgenstrahlung zur Fokussierung von Strahlung verwendet, wo der Einsatz von Linsen aufgrund der geringen Brechungsindexunterschiede zwischen verschiedenen Materialien und der starken Absorption nicht sinnvoll ist, beispielsweise in einem aus der DE 364257 A1 bekannten Röntgenmikroskop.

Zonenplatten bestehen aus Strukturen konzentrischer Ringe, wobei die Breite der Ringe nach außen hin abnimmt. Bei der Berechnung solcher Zonenplatten ist zwischen der Verwendung im Bereich der Nahfeld-Beugung (Fresnel-Beugung) und der Fernfeld-Beugung (Fraunhofer-Beugung) zu unterscheiden.

Die Berechnung Fresnelscher Zonenplatten ist beispielsweise aus E. Hecht, „Optik“, Addison-Wesley (1989), bekannt. Weiterhin wird zwischen Amplituden- und Phasenzonenplatten unterschieden. Während bei Amplitudenzonenplatten die Strahlung jeder zweiten Fresnelschen Zone durch ein absorbierendes Material ausgeblendet wird, wird bei einer Phasenzonenplatte zwischen zwei benachbarten Zonen ein Gangunterschied dadurch erzeugt, dass sich die Materialien der Zonen in ihrem Brechungsindex und/oder ihrer Dicke unterscheiden. Bei beiden Ausführungsformen der Zonenplatten tritt jeweils im Fokus, dessen Position von der Wellenlänge der einfallenden Strahlung abhängt, konstruktive Interferenz auf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes strahlungsdetektierendes optoelektronisches Bauelement anzugeben, das sich insbesondere durch eine verbesserte Empfindlichkeit und die Möglichkeit zur wellenlängenselektiven Strahlungsdetektion auszeichnet. Weiterhin soll ein Herstel-

lungsverfahren für ein derartiges optoelektronisches Bauelement angegeben werden.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein optoelektronisches Bauelement nach Patentanspruch 1, ein Verfahren nach Patentanspruch 16 oder eine Verwendung nach Patentanspruch 17 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

10 Bei einem optoelektronischen Bauelement mit einem Halbleiterchip, der mindestens eine strahlungsempfindliche Zone zur Detektion elektromagnetischer Strahlung aufweist, und mit einem optischen Element zur Fokussierung der elektromagnetischen Strahlung in die strahlungsempfindliche Zone, ist das opti-
15 sche Element ein diffraktives optisches Element.

Ein Vorteil der Fokussierung der elektromagnetischen Strahlung in die strahlungsempfindlichen Bereiche durch ein diffraktives Element besteht darin, dass die Strukturen des
20 diffraktiven Elements, die in der Größenordnung der Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung liegen, durch einen bei der Herstellung von Halbleiterchips üblichen photolithographischen Prozeß hergestellt werden können. Insbesondere können die bei integrierten Schaltkreisen, beispielsweise in
25 CMOS-Technologie, bereits vorhandenen metallischen und/oder dielektrischen Schichten zur Herstellung des diffraktiven Elements verwendet werden.

Im Vergleich zu refraktiven optischen Elementen ist es besonders vorteilhaft, dass ein diffraktives optisches Element als
30 ebene Struktur in der Ebene des Halbleiterchips ausgebildet werden kann. Beispielsweise entfällt dadurch im Vergleich zur Herstellung von Mikrolinsen die technisch vergleichsweise aufwendige Herstellung konvexer Strukturen in der Richtung
35 der einfallenden Strahlung, die senkrecht und/oder schräg zur Ebene des Halbleiterchips verläuft.

Die zu detektierende Strahlung kann beispielsweise eine Wellenlänge zwischen etwa 100 nm im ultravioletten Spektralbereich und etwa 5 µm im infraroten Spektralbereich aufweisen. Insbesondere kann es sich bei der zu detektierenden Strahlung um Licht aus dem sichtbaren Spektralbereich von etwa 400 nm bis 800 nm handeln.

Der Abstand zwischen dem diffraktiven Element und einer strahlungsempfindlichen Zone des Halbleiterchips beträgt vorzugsweise weniger als 20 µm.

Das diffraktive Element ist insbesondere eine Zonenplatte. Bevorzugt gilt für die Fresnel-Zahl F der Zonenplatte

$$F = \frac{D^2}{\lambda R} > 1,$$

wobei D der Durchmesser der Zonenplatte ist und R der Abstand zwischen der Zonenplatte und der strahlungsempfindlichen Zone, in der Strahlung mit der Wellenlänge λ detektiert wird. Die strahlungsempfindliche Zone liegt dabei im Nahfeld der Zonenplatte, bei der es sich also um eine Fresnel-Zonenplatte handelt.

Der Halbleiterchip kann sowohl eine als auch mehrere strahlungsempfindliche Zonen aufweisen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die chromatische Aberration einer Zonenplatte dazu ausgenutzt wird, eine Farbempfindlichkeit des strahlungsdetektierenden Bauelements herzustellen. Vorzugsweise sind dazu in der Richtung der einfallenden Strahlung mehrere strahlungsempfindliche Zonen hintereinander angeordnet, wobei die strahlungsempfindlichen Zonen für kürzere Wellenlängen denen für längere Wellenlängen nachgeordnet sind. Mit der Zonenplatte wird so gleichzeitig eine Fokussierung der Strahlung als auch eine Wellenlängenselektion erreicht. Beispielsweise können drei strahlungsempfindliche Zonen für die Primärfarben

Rot, Grün und Blau in den verschiedenen Fokalebene für die jeweilige Farbe angeordnet sein.

Die Zonenplatte ist beispielsweise eine Amplituden-Zonenplatte, bei der die Zonen abwechselnd aus einem transparenten und einem absorbierenden Material bestehen. Das absorbierende Material ist z.B. ein Metall.

Vorzugsweise ist die Zonenplatte eine binäre Phasen-Zonenplatte. Die Zonen bestehen dabei abwechselnd aus jeweils einem von zwei transparenten Materialien. Beispielsweise kann es sich bei diesen Materialien um ein Siliziumoxid oder um ein Siliziumnitrid handeln. Da bei der Phasen-Zonenplatte im Gegensatz zur Amplituden-Zonenplatte nicht die Hälfte aller Zonen durch Absorption ausgeblendet wird, ist die Strahlungsamplitude im Fokus einer Phasen-Zonenplatte um etwa einen Faktor 2 größer, also die Intensität um etwa einen Faktor 4 größer als bei einer Amplituden-Zonenplatte.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Figuren 1 und 2 näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 einen schematisch dargestellten Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Bauelements gemäß der Erfindung und

Figur 2 eine schematisch dargestellte Aufsicht auf ein Ausführungsbeispiel einer Zonenplatte.

Gleiche oder gleichwirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Der in Figur 1 dargestellte strahlungsdetektierende Halbleiterchip 2 enthält jeweils zwei n-dotierte Bereiche 4, 6 und

p-dotierte Bereiche 3, 5, die beispielsweise in dem Grundmaterial Silizium ausgebildet sind. Die Übergangsbereiche zwischen den p-dotierten und den n-dotierten Bereichen fungieren als strahlungsempfindliche Zonen 7, 8, 9. Die elektrische Kontaktierung und Verschaltung des Halbleiterbauelements kann beispielsweise in einer Kontaktierungsebene 19 durch metallische Leiterbahnen 16 erfolgen.

Auf den Halbleiterchip 2 einfallende elektromagnetische Strahlung 17 wird durch eine Zonenplatte 1 in die strahlungsempfindlichen Zonen 7, 8, 9 fokussiert. Durch diese Fokussierung wird einerseits die Empfindlichkeit des Bauelements erhöht und andererseits durch Ausnutzung des Farbfehlers der Zonenplatte (chromatische Aberration) eine Farbempfindlichkeit erreicht. Im Gegensatz zu einer Linse nimmt bei einer Zonenplatte die Brennweite mit zunehmender Wellenlänge des Lichts ab. Eine wellenlängenselektive Strahlungsdetektion kann deshalb dadurch erreicht werden, dass in der Einfallsrichtung des Lichts 17 mehrere strahlungsempfindliche Zonen 7, 8, 9 hintereinander angeordnet sind, wobei die strahlungsempfindlichen Zonen für kürzere Wellenlängen denen für längere Wellenlängen nachgeordnet sind.

Zum Beispiel enthält der Halbleiterchip 2 eine strahlungsempfindliche Zone 7 in der Fokalebene 11 für rotes Licht, eine in der Richtung des einfallenden Lichts 17 nachfolgende zweite strahlungsempfindliche Zone 8 in der Fokalebene 12 für grünes Licht und nachfolgend eine dritte strahlungsempfindliche Zone 9 in der Fokalebene 13 für blaues Licht. In diesem Beispiel ist also ein Strahlungsdetektor für die drei Primärfarben realisiert. Im Rahmen der Erfindung ist auch eine andere Anzahl strahlungsdetektierender Bereiche und eine andere Auswahl zu detektierender Wellenlängenbereiche bzw. Farben möglich.

Die Zonenplatte 1 ist bevorzugt ein integraler Bestandteil des Halbleiterchips 2. Beispielsweise folgt innerhalb des

Halbleiterchips auf die Kontaktierungsebene 19, in der die metallischen Leiterbahnen 16 ausgebildet sind, eine dielektrische Schicht 18, auf die eine metallische oder dielektrische Schicht aufgebracht ist, in der durch eine photolithographische Strukturierung die Struktur der Zonenplatte 1 ausgebildet ist. Die Zonenplatte 1 weist eine Struktur konzentrischer Ringe auf, die abwechselnd Bereiche 14, 15 aus verschiedenen Materialien enthält. Die Bereiche 14, 15 können entweder aus Materialien mit verschiedenen Brechungsindizes n_1 und n_2 oder aus jeweils einem absorbierenden und einem transparenten Material gebildet sein. Die Zonenplatte ist beispielsweise mit einer transparenten Schicht 21 abgedeckt, die insbesondere zum Schutz der Zonenplatte dient. Sie kann alternativ aber auch an der Oberfläche des Halbleiterchips 2 ausgebildet sein.

Die Schichten, aus denen die Kontaktierungsebene 19 und die Zonenplatte 1 ausgebildet sind, sowie die dazwischenliegende dielektrische Schicht 18 sind vorteilhaft Bestandteile der Schichtstruktur eines integrierten Schaltkreises. Da integrierte Schaltkreise eine Schichtenfolge aus metallischen und dielektrischen Schichten enthalten, ist die Zonenplatte 1 vorteilhaft in einer der bereits vorhandenen Schichten mit einem in der Halbleitertechnik üblichen Prozeß, beispielsweise photolithographisch hergestellt. Der Herstellungsaufwand wird dadurch vorteilhaft reduziert.

Ein weiterer Vorteil der Integration der Zonenplatte 1 in den Halbleiterchip 2 ist, dass im Vergleich zur Montage einer separat hergestellten Zonenplatte kein weiterer Aufwand für die Justierung anfällt. Insbesondere wird durch die integrierte Bauweise eine Dejustierung der Zonenplatte 1, durch die sich die Fokalebene 11, 12, 13 relativ zu den strahlungsempfindlichen Zonen 7, 8, 9 verschieben könnten, verhindert.

Eine schematisch dargestellte Aufsicht auf eine Fresnelsche Zonenplatte 1, die 7 Zonen enthält und für eine Brennweite

von 3 μm bei einer Wellenlänge von 550 nm berechnet wurde, zeigt Fig. 2. Der Durchmesser der Zonenplatte 1 beträgt in diesem Beispiel $D = 12,32 \mu\text{m}$ und die Breite der äußersten Ringzone 307 nm.

5

Die Zonenplatte 1 kann entweder eine Amplituden-Zonenplatte oder eine Phasen-Zonenplatte sein. Eine Amplituden-Zonenplatte enthält abwechselnd lichtundurchlässige Ringzonen 14 und lichtdurchlässige Ringzonen 15. Die lichtundurchlässi-

10

gen Ringzonen 14 enthalten beispielsweise ein Metall und die lichtdurchlässigen Ringzonen 15 ein Dielektrikum. Alternativ können die lichtdurchlässigen Bereiche 15 auch frei von Material sein.

15

Die Zonenplatte 1 kann auch als Phasen-Zonenplatte ausgebildet sein. In diesem Fall enthält die Zonenplatte Ringzonen 14 aus einem Material mit dem Brechungsindex n_1 und benachbarte Ringzonen 15 aus einem Material mit dem Brechungsindex n_2 , die jeweils beide lichtdurchlässig sind.

20

Die beiden lichtdurchlässigen Materialien können beispielsweise ein Siliziumoxid und ein Siliziumnitrid sein. Diese Materialien haben den Vorteil, dass sie typischerweise in den Strukturen integrierter Schaltkreise enthalten sind. Die Herstellung der Zonenplatte läßt sich somit verhältnismäßig einfach in den Herstellungsprozeß eines integrierten Schaltkreises integrieren. Die Brechungsindizes dieser Materialien betragen beispielsweise bei der Wellenlänge $\lambda = 550 \text{ nm}$ $n_{\text{SiO}_2} = 1,46$ und $n_{\text{Si}_3\text{N}_4} = 2,05$. Um einen Gangunterschied zwischen den

25

30

Ringzonen 14, 15 aus diesen Materialien von einer Wellenlänge λ zu erzeugen, muß die Dicke d der Zonenplatte 1

$$d = \frac{\lambda}{n_{\text{Si}_3\text{N}_4} - n_{\text{SiO}_2}} = 932 \text{ nm}$$

35

betragen. Eine derartige Schichtdicke liegt in einem in der Halbleiterfertigung üblichen Bereich. Unter der Annahme, dass

eine Amplituden-Zonenplatte etwa die Hälfte der einfallenden Strahlung absorbiert, ist die Intensität im Fokus einer Phasen-Zonenplatte vorteilhaft um ungefähr einen Faktor 4 größer als bei der Amplituden-Zonenplatte.

5

Tabelle 1:

λ_0 (nm)	D (μ m)	l_{\min} (nm)	f (μ m) $\lambda=850\text{nm}$	f (μ m) $\lambda=650\text{nm}$	f (μ m) $\lambda=550\text{nm}$	f (μ m) $\lambda=450\text{nm}$	f (μ m) $\lambda=300\text{nm}$
850	17,61	550	7	9,27	11,01	13,51	20,36
650	14,98	451	5,62	7	9,33	10,23	15,44
550	13,57	401	4,41	5,88	7	8,61	13,01
450	12,09	350	3,55	4,76	5,68	7	10,59
300	10,59	297	2,28	3,10	3,72	4,60	7

In der Tabelle 1 sind beispielhaft die Durchmesser D und die minimalen Strukturgrößen l_{\min} , die durch die Breite der äußersten Ringzone gegeben sind, für Zonenplatten angegeben, die jeweils für eine bestimmte Grundwellenlänge λ_0 eine Brennweite von $f_0 = 7 \mu\text{m}$ aufweisen. Die angegebenen Durchmesser D und minimalen Strukturgrößen l_{\min} gelten jeweils für Zonenplatten mit 5 Zonen. Weiterhin sind die aufgrund der chromatischen Aberration variierenden Brennweiten der jeweiligen Zonenplatten für verschiedene Wellenlängen im Bereich zwischen $\lambda = 300 \text{ nm}$ und $\lambda = 850 \text{ nm}$ angegeben.

Die Brennweite f einer Zonenplatte, die bei der Grundwellenlänge λ_0 die Brennweite f_0 aufweist, beträgt bei der Wellenlänge λ :

$$f = \frac{\lambda}{4} + \frac{4f_0\lambda_0 + \lambda_0^2}{4\lambda}$$

Für Wellenlängen λ , die kleiner als die Grundwellenlänge λ_0 sind, nimmt die Brennweite der Zonenplatte zu, während sie für Wellenlängen oberhalb der Grundwellenlänge abnimmt. Für eine vorgegebene Brennweite f_0 nimmt die minimale Strukturgröße l_{\min} der Zonenplatte mit abnehmender Grundwellenlänge λ_0

ab. Wie aus der Tabelle hervorgeht, beträgt sie beispielsweise $l_{\min} = 550 \text{ nm}$ für $\lambda_0 = 850 \text{ nm}$, und $l_{\min} = 297 \text{ nm}$ für $\lambda_0 = 300 \text{ nm}$.

5 Strukturen dieser Größe sind mit Photolithographie herstellbar. Beispielsweise wird zunächst eine Photolackschicht auf ein durchgehende Metallschicht aufgetragen, auf die anschließend eine Maske, die die Struktur der Zonenplatte enthält, projiziert wird. Vorzugsweise wird die Maske stark verklei-
10 nert auf den Photolack abgebildet, um zu vermeiden, dass die Maske bereits als Zonenplatte wirkt und so das zur Belichtung eingesetzte Licht fokussiert. Anschließend erfolgt das Entwickeln des Photolacks, wobei der Photolack zum Beispiel an den belichteten Stellen abgelöst wird, und nachfolgend ein Ätzen
15 der Ringstruktur an den Stellen, die nicht mit dem Photolack bedeckt sind. Der Ätzprozeß kann insbesondere ein anisotroper Ätzprozeß sein. Die Zwischenräume zwischen den Ringzonen werden anschließend wahlweise mit einem Dielektrikum ausgefüllt oder bleiben frei.

20

Im Fall einer Phasen-Zonenplatte wird die Zonenplattenstruktur in ein erstes Dielektrikum geätzt und anschließend mit einem zweiten Dielektrikum aufgefüllt. Bei einer Zonenplatte an der Oberfläche eines Halbleiterchips können die Zwischen-
25 räume nach dem Ätzprozeß auch frei bleiben. Bevorzugt wird die Oberfläche anschließend planarisiert, beispielsweise durch chemisch-mechanisches Polieren (CMP).

Die Erläuterung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele
30 ist selbstverständlich nicht als Einschränkung auf diese zu verstehen. Vielmehr umfaßt die Erfindung die offenbarten Merkmale sowohl einzeln als auch in jeder Kombination miteinander, auch wenn diese Kombinationen nicht explizit in den Ansprüchen angegeben sind.

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Bauelement mit einem Halbleiterchip
(2), der mindestens eine strahlungsempfindliche Zone (7,
5 8, 9) zur Detektion elektromagnetischer Strahlung (17)
aufweist, und einem optischen Element zur Fokussierung
der elektromagnetischen Strahlung (17) in die strahlungs-
empfindliche Zone (7, 8, 9),
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
10 das optische Element ein diffraktives Element (1) ist,
das Strukturen (14, 15) in der Größenordnung der Wellen-
länge der elektromagnetischen Strahlung (17) aufweist.
2. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 1,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
das diffraktive Element (1) eine Zonenplatte ist.
3. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
20 das diffraktive Element (1) in den Halbleiterchip (2) in-
tegriert ist.
4. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1
bis 3,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
die zu detektierende Strahlung (17) eine Wellenlänge zwi-
schen 100 nm und 5 μ m aufweist.
5. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 4,
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
die zu detektierende Strahlung (17) Licht im sichtbaren
Spektralbereich von etwa 400 nm bis 800 nm ist.
6. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehen-
35 den Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
der Abstand zwischen dem diffraktiven Element (1) und

12

einer strahlungsempfindlichen Zone (7, 8, 9) weniger als 20 μm beträgt.

7. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s Strahlung mit der Wellenlänge λ in einer strahlungsempfindlichen Zone (7, 8, 9) in einem Abstand R von der Zonenplatte (1) detektiert wird, wobei die Zonenplatte (1) einen Durchmesser D aufweist, und für die Fresnelzahl F der Zonenplatte (1) gilt:

$$F = (D^2 / \lambda R) > 1$$

8. Optoelektronisches Bauelement nach einem der nach einem der Ansprüche 2 bis 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Brennweite der Zonenplatte (1) für Strahlung mit der Wellenlänge 550 nm zwischen 1 μm und 20 μm beträgt.

9. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s der Halbleiterchip (2) mehrere strahlungsempfindliche Zonen (7, 8, 9) aufweist, wobei die strahlungsempfindlichen Zonen für kürzere Wellenlängen in Richtung der einfallenden Strahlung (17) denen für längere Wellenlängen nachgeordnet sind.

10. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die strahlungsempfindlichen Zonen (7, 8, 9) jeweils in Fokalebene (11, 12, 13) des diffraktiven Elements (1) für eine Farbe angeordnet sind.

11. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 10,
da durch gekennzeichnet, dass
der Halbleiterchip (2) drei strahlungsempfindliche Zonen
enthält (7, 8, 9), die in Fokalebene(n) (11, 12, 13) des
5 diffraktiven Elements (1) für jeweils eine der Primärfar-
ben Rot, Grün und Blau angeordnet sind.

12. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorherge-
henden Ansprüche,

10 da durch gekennzeichnet, dass
das diffraktive Element (1) durch die Strukturierung ei-
ner auf den Halbleiterchip (2) aufgebracht oder in dem
Halbleiterchip (2) enthaltenen Schicht hergestellt ist.

15 13. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 12,
da durch gekennzeichnet, dass
die strukturierte Schicht eine Metallschicht ist.

14. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 2
20 bis 13,

da durch gekennzeichnet, dass
die Zonenplatte (1) als Phasen-Zonenplatte aus zwei
transparenten Materialien (14, 15) mit unterschiedlichen
Brechungsindizes n_1 und n_2 ausgebildet ist.

25 15. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 14,
da durch gekennzeichnet, dass
eines der beiden Materialien ein Siliziumoxid und das
zweite der Materialien ein Siliziumnitrid enthält.

30 16. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bau-
elements nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
da durch gekennzeichnet, dass
das diffraktive optische Element (1) durch eine Struktu-
35 rierung einer auf den Halbleiterchip (2) aufgebracht oder
in dem Halbleiterchip (2) enthaltenen Schicht herge-
stellt wird.

14

17. Verfahren nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Halbleiterchip (2) einen integrierten Schaltkreis
enthält.

5

18. Verwendung einer Zonenplatte (1) zur Fokussierung
und/oder Wellenlängenselektion elektromagnetischer Strah-
lung (17) in eine oder mehrere strahlungsempfindliche Zo-
nen (7, 8, 9) eines strahlungsdetektierenden Halbleiter-
chips (2).

10

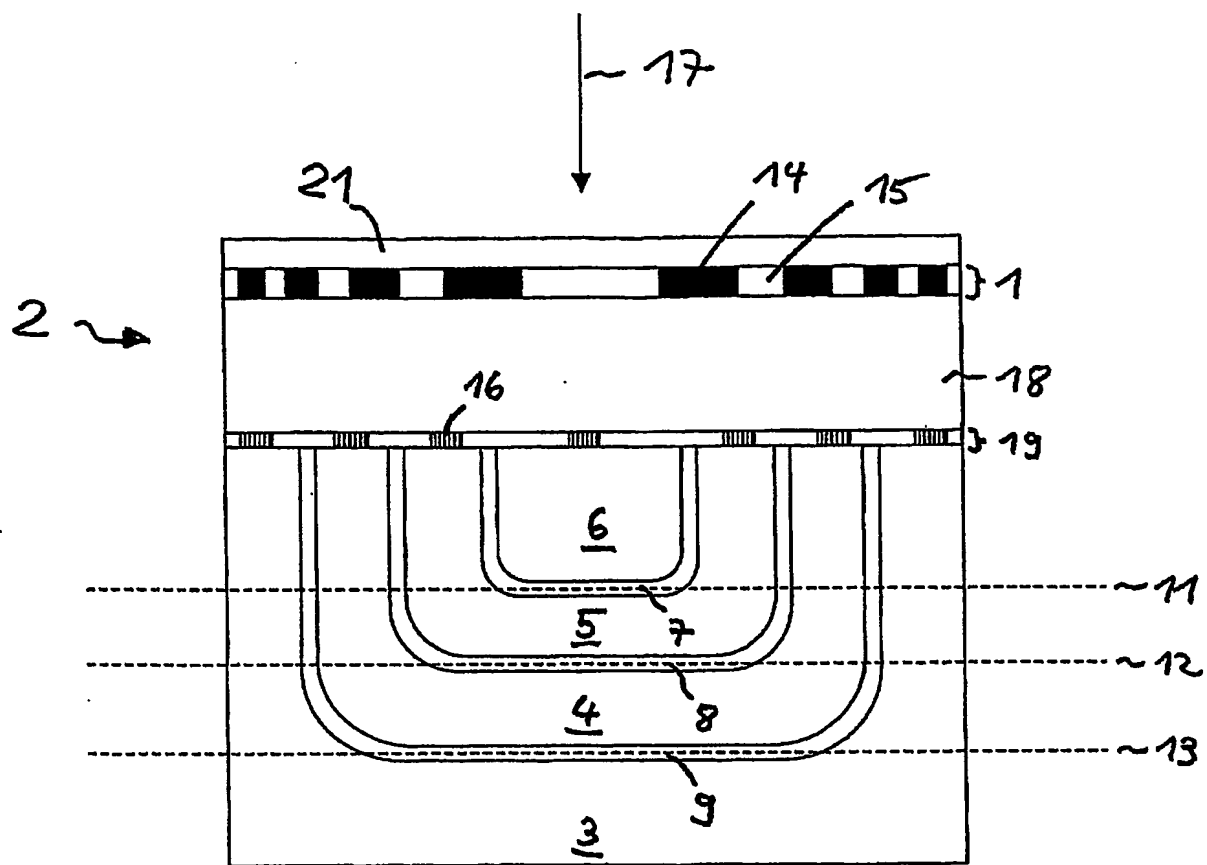


Fig. 1

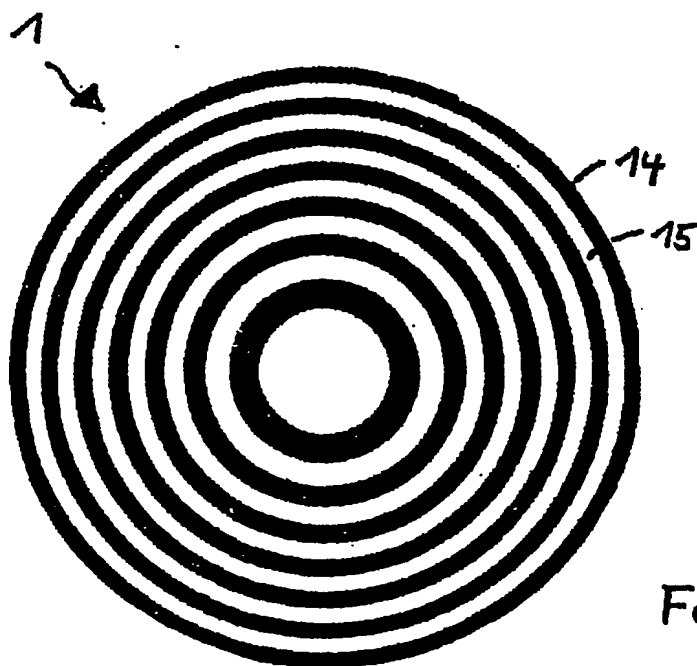


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/011304

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01L31/0232 G02B5/18		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01L G02F G02B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 704 377 A (LEHOVEC KURT) 28 November 1972 (1972-11-28)	1-5, 12-18
Y	column 1, line 65 - column 10, line 32; figures 1-6	6-8
X	US 4 016 416 A (SHEPHERD JR FREEMAN D ET AL) 5 April 1977 (1977-04-05)	1-5, 18
Y	the whole document	6-8
Y	US 5 497 269 A (GAL GEORGE) 5 March 1996 (1996-03-05)	9-11
Y	column 9, line 29 - column 16, line 62; figures 17, 19, 32A	9-11
Y	EP 0 807 982 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19 November 1997 (1997-11-19)	9-11
	column 9, line 42 - column 10, line 55; figure 7	
-/--		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>*&* document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
17 December 2004	29/12/2004	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Authorized officer Bakker, J	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/011304

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 195 18 303 A (KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH) 21 November 1996 (1996-11-21) column 3, line 51 - column 5, line 26; figure 4	1,3,18
X	EP 0 585 094 A (SHARP KK) 2 March 1994 (1994-03-02) figures 1-3; example 1	1,3,5,14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/011304

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3704377	A	28-11-1972	DE 1764639 B FR 1574423 A GB 1193228 A NL 6809931 A SE 341225 B US 3569997 A US 3631360 A US 3649837 A US 3763372 A	18-02-1971 11-07-1969 28-05-1970 15-01-1969 20-12-1971 09-03-1971 28-12-1971 14-03-1972 02-10-1973
US 4016416	A	05-04-1977	NONE	
US 5497269	A	05-03-1996	CA 2139108 A1 DE 69331990 D1 DE 69331990 T2 EP 0647326 A1 JP 8500451 T US 5420720 A WO 9400781 A1 US 5463498 A US 5415727 A	06-01-1994 11-07-2002 02-01-2003 12-04-1995 16-01-1996 30-05-1995 06-01-1994 31-10-1995 16-05-1995
EP 0807982	A	19-11-1997	FR 2748604 A1 EP 0807982 A1 JP 10054758 A	14-11-1997 19-11-1997 24-02-1998
DE 19518303	A	21-11-1996	DE 19518303 A1 WO 9636989 A2 DE 59609958 D1 EP 0870333 A2	21-11-1996 21-11-1996 16-01-2003 14-10-1998
EP 0585094	A	02-03-1994	JP 6067046 A CA 2104278 A1 DE 69323253 D1 DE 69323253 T2 EP 0585094 A1 US 5410622 A	11-03-1994 22-02-1994 11-03-1999 08-07-1999 02-03-1994 25-04-1995

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/011304

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L31/0232 G02B5/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L G02F G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 704 377 A (LEHOVEC KURT) 28. November 1972 (1972-11-28)	1-5, 12-18
Y	Spalte 1, Zeile 65 - Spalte 10, Zeile 32; Abbildungen 1-6	6-8
X	US 4 016 416 A (SHEPHERD JR FREEMAN D ET AL) 5. April 1977 (1977-04-05)	1-5, 18
Y	das ganze Dokument	6-8
Y	US 5 497 269 A (GAL GEORGE) 5. März 1996 (1996-03-05)	9-11
	Spalte 9, Zeile 29 - Spalte 16, Zeile 62; Abbildungen 17, 19, 32A	
Y	EP 0 807 982 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19. November 1997 (1997-11-19)	9-11
	Spalte 9, Zeile 42 - Spalte 10, Zeile 55; Abbildung 7	
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Dezember 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/12/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bakker, J

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/011304

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 195 18 303 A (KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH) 21. November 1996 (1996-11-21) Spalte 3, Zeile 51 - Spalte 5, Zeile 26; Abbildung 4	1,3,18
X	EP 0 585 094 A (SHARP KK) 2. März 1994 (1994-03-02) Abbildungen 1-3; Beispiel 1	1,3,5,14

INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/011304

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3704377 A	28-11-1972	DE 1764639 B FR 1574423 A GB 1193228 A NL 6809931 A SE 341225 B US 3569997 A US 3631360 A US 3649837 A US 3763372 A	18-02-1971 11-07-1969 28-05-1970 15-01-1969 20-12-1971 09-03-1971 28-12-1971 14-03-1972 02-10-1973
US 4016416 A	05-04-1977	KEINE	
US 5497269 A	05-03-1996	CA 2139108 A1 DE 69331990 D1 DE 69331990 T2 EP 0647326 A1 JP 8500451 T US 5420720 A WO 9400781 A1 US 5463498 A US 5415727 A	06-01-1994 11-07-2002 02-01-2003 12-04-1995 16-01-1996 30-05-1995 06-01-1994 31-10-1995 16-05-1995
EP 0807982 A	19-11-1997	FR 2748604 A1 EP 0807982 A1 JP 10054758 A	14-11-1997 19-11-1997 24-02-1998
DE 19518303 A	21-11-1996	DE 19518303 A1 WO 9636989 A2 DE 59609958 D1 EP 0870333 A2	21-11-1996 21-11-1996 16-01-2003 14-10-1998
EP 0585094 A	02-03-1994	JP 6067046 A CA 2104278 A1 DE 69323253 D1 DE 69323253 T2 EP 0585094 A1 US 5410622 A	11-03-1994 22-02-1994 11-03-1999 08-07-1999 02-03-1994 25-04-1995